

Принимая нормальное распределение наработки до отказа, а также, что весь диапазон значений наработки до отказа равен удвоенному среднему значению, и что верна гипотеза «трех сигм», получим значения 80-процентной наработки до отказа для деталей различного назначения, приведенные в таблице 3. Как видно, в диапазон рекомендуемых в справочниках [1,2] периодов стойкости инструмента попадает только обработка деталей, не предназначенных для лицевых поверхностей.

Заключение

1. Нарботка до отказа технологической системы фрезерования древесины по параметру продукции «шероховатость поверхности» зависит как от износостойкости материала лезвий инструмента, так и от режимов резания: толщины срезаемого слоя и скорости резания, а также от требований к качеству обработки.

2. Существующие рекомендации по периоду стойкости инструмента значительно завышены и удовлетворяют только обработке деталей, не предназначенных для лицевых поверхностей.

3. Период стойкости инструмента должен назначаться с учетом всех существенных факторов процесса обработки и требований к качеству поверхности деталей.

Библиографический список

1. Справочное пособие по деревообработке / Кислый В.В., Щеглов П.П., Братенков Ю.И. и др. – Екатеринбург: БРИЗ, 1995. - 558 с.
2. Справочник по дереворежущему инструменту/ Глебов И.Т., Неустроев Д.В. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. акад., 2000. – 253 с.
3. Мелешко, А.В. Влияние шероховатости поверхности изделий из хвойной древесины на блеск лакокрасочных покрытий / А.В. Мелешко, С.С. Романова / http://science-bsea.bgita.ru/2007/leskomp_2007/meleshko_vl.htm .
4. ГОСТ 7016-82 Изделия из древесины и древесных материалов. Параметры шероховатости поверхности. - М.: Изд-во стандартов, 1983. - 5с.
5. ГОСТ 8242-88 Детали профильные из древесины и древесных материалов для строительства. Технические условия. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. - 9 с.
6. Кряжев, Н.А. Цилиндрическое и коническое фрезерование древесины. - М.: Гослесбумиздат, 1963. - 184 с.
7. Рогожникова И.Т. Исследование зависимости шероховатости обработанной поверхности от затупления инструмента при продольном цилиндрическом фрезеровании древесины./ И.Т. Рогожникова, В.Г. Новоселов, А.Р.Абдулов //Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: Труды VI международного евразийского симпозиума. – Екатеринбург: Урал.гос.лесотехн.ун-т., 2011. - С. 160-162.

УДК 674.055: 539.23621

**Чаевский В.В., Гришкевич А.А., Жилинский В.В. (БГТУ, г. Минск, РБ),
Кулешов А.К. (БГУ, г. Минск, РБ) doctorv_v_ch@mail.ru**

КОМБИНИРОВАННАЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКАЯ И ИОННО-ПЛАЗМЕННАЯ ОБРАБОТКА ЛЕЗВИЙ НОЖЕЙ ДЕРЕВОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

ZrN-покрытия на лезвиях стальных ножей фрез увеличивают их период стойкости

до 50% при резании ДСтП. Значение микротвердости Fe-Ni-Co-покрытий в 2 раза больше стальной основы. Виды износа кромок лезвия ножей – тепловой и абразивный.

Эффективность работы современного оборудования на деревообрабатывающих производствах существенно зависит от стойкости и надежности режущего инструмента. В связи с этим инструмент должен обладать высокими эксплуатационными характеристиками и в полной мере обеспечивать возрастающие требования к точности и качеству обработки в условиях высокопроизводительного резания. Уровень показателей стойкости и надежности режущего инструмента определяется, в первую очередь, характеристиками физико-механических свойств инструментального материала. При резании композиционных материалов на древесной основе действие входящих в их состав абразивосодержащих минеральных частиц или частиц затвердевшего полимера, имеющих твердость, соизмеримую с твердостью инструментального материала, приводит к возрастанию сил трения на задней поверхности резца и к более интенсивному абразивному износу контактных поверхностей инструмента [1]. Так, при резании древесностружечных плит (ДСтП) фрезерным инструментом с твердосплавными (на основе WC) ножами формирующиеся химически активные продукты распада (формальдегид, восковые и клеевые наполнители) взаимодействуют с кобальтом, инициируя процесс вырывания зерен карбида вольфрама WC из материала лезвия. В результате лезвие ножа быстро теряет свою остроту и режущую способность. При резании ДСтП хвостовыми фрезами со стальными ножами высокие температуры, возникающие в поверхностных слоях лезвия ножей (700–800°C), приводят к уменьшению прочности металла, которое способствует размягчению и размазыванию тонких поверхностных слоев лезвия из стали [2]. Необходимо также учесть, что в Республике Беларусь для механической обработки древесных материалов используется только инструмент с импортными твердосплавными ножами. Поэтому решение задач, направленных на увеличение периода стойкости применяемого дереворежущего инструмента и разработку новых материалов с высоким периодом стойкости, является актуальным, технически и экономически обоснованным.

Среди наиболее эффективных способов обработки поверхности лезвий ножей дереворежущих инструментов является метод конденсации вещества (например, тугоплавких металлов Ti, Mo, Cr, Zr и др.) из плазменной фазы в вакууме с ионной бомбардировкой поверхности (КИБ), существенно увеличивающий эксплуатационные свойства резцов [3]. Кроме того, в настоящее время в машиностроении широко используются гальванические железные покрытия и покрытия сплавами железа [4]. Полученные из сульфатных электролитов сплавы железо-никель достаточно износостойки.

В связи с этим целью работы являлось получение электрохимических покрытий сплавом Fe-Ni-Co, Fe-Ni и методом КИБ ZrN-покрытий на поверхности двухлезвийных стальных (Ст20) ножей хвостовых фрез и исследование периода стойкости модифицированного инструмента, износа обработанных лезвий ножей при резании ламинированных ДСтП с учетом фазового, элементного состава и микротвердости сформированных слоев.

ZrN-покрытия осаждались на установке ВУ-1Б «Булат» на кафедре деревообрабатывающих станков и инструментов (ДОСИИ) БГТУ в два этапа. Проводилась предварительная обработка ионами циркония в вакууме 10^{-3} Па при потенциале подложки -1 кВ с последующим нанесением покрытий при токе горения дуги катода 100 А и опорном напряжении 100 В в атмосфере азота при давлении 10^{-1} Па. Температура при осаждении соответствовала 400–450°C. Толщина полученных покрытий не превышала 1,5 мкм.

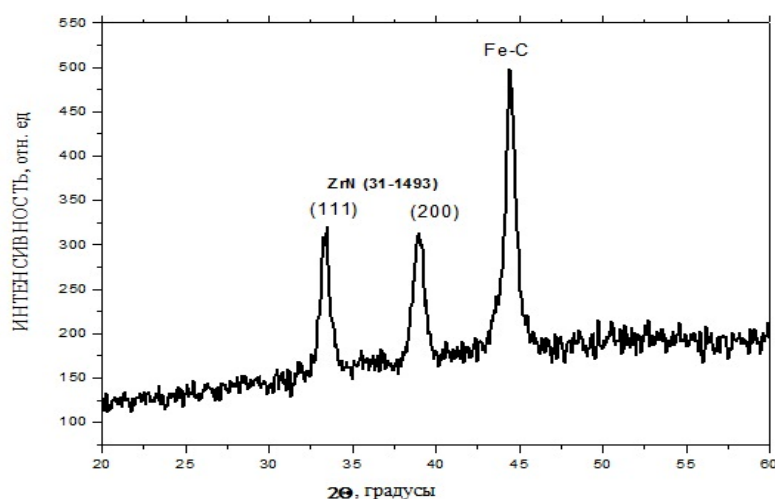
Гальванические покрытия сплавом Fe-Ni-Co, Fe-Ni наносили на подготовленную стальную поверхность из сернокислого электролита при токах 0,4–0,8 А и температуре 40–50° С. Толщина покрытий не превышала 10 мкм.

Для определения элементного состава сформированных слоев, видов износа обработанных лезвий ножей и их периода стойкости при резании ламинированных ДСтП были проведены с помощью методов рентгеноспектрального микроанализа (РСМА), растровой и сканирующей электронной микроскопии (РЭМ и СЭМ) на сканирующем электронном микроскопе LEO-1455 VP фрактографические исследования морфологии режущей кромки лезвия ножа после лабораторных испытаний.

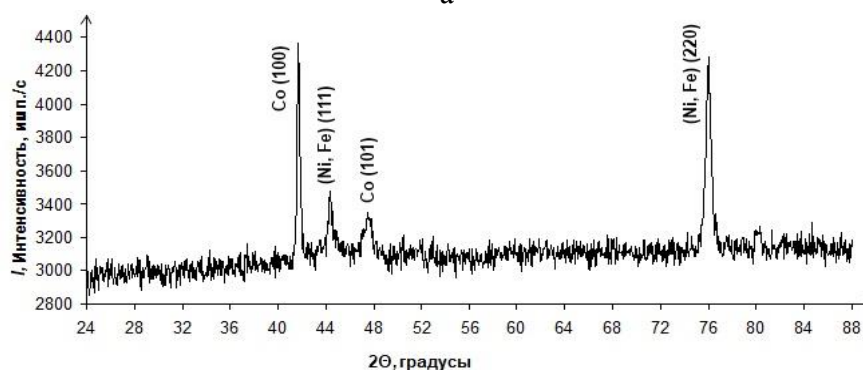
Фазовый состав полученных покрытий исследовался методом рентгеноструктурного анализа (РСА) при помощи дифрактометра Ultima IV (Rugaku, Япония) в $\text{Cu-K}\alpha$ излучении. Микротвердость испытуемых покрытий определялась при помощи микротвердомера ПМТ-3 по методу Виккерса при нагрузке 50 г.

Лабораторные испытания на период стойкости лезвий ножей сборной фрезы диаметром 21 мм при резании ламинированных ДСтП толщиной 25 мм проводили на обрабатывающем центре ROVER-B4.35 (Италия) на кафедре ДОСиИ при следующих режимах: число ножей на фрезе – 2; частота вращения фрезы – 15000 мин^{-1} ; припуск – 1,0 мм/проход; длина резания – 1200 м. п. Критерием потери режущей способности резца являлось появление сколов отделки плиты.

Установлено, что при КИБ осаждении циркония в среде азота на лезвие ножа образуется однофазное покрытие, состоящее из фазы нитрида циркония, имеющее ГЦК структуру типа NaCl (рисунок 1а), что соответствует данным [5].



а



б

Рисунок 1 – Рентгенограмма ZrN- (а) и сплавом Fe-Ni-Co (б) покрытий

Гальванические покрытия сплавом Fe-Ni-Co являются двухфазными. Образуется твердый раствор (Ni, Fe), имеющий ГЦК структуру, и отдельная фаза кобальта с гексагональной решеткой (рисунок 1б).

Среднее значение микротвердости ZrN-покрытия на стальной основе составило 32 ГПа, а Fe-Ni-Co-покрытия – 45 ГПа, что практически в 2 раза превышает величину микротвердости подложки (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты измерения микротвердости образцов

№ п/п	Покрытие	Микротвердость, ГПа	Подложка
1	Fe-Ni-Co	54 ± 5	Сталь Ст20
2	Fe-Ni-Co	35 ± 4	Сталь Ст20
3	Fe-Ni	40 ± 4	Сталь Ст20
4	ZrN	32 ± 2	Сталь Ст20
5	–	25 ± 3	Сталь Ст20

Результаты снятого РСМА (таблица 2) подтверждают состав гальванического покрытия сплавом Fe-Ni и ножа из стали Ст20.

Таблица 2 – Данные РСМА изношенного лезвия ножа с Fe-Ni покрытием

Элемент	Концентрация, ат. %
C	$33,3 \pm 6,1$
Fe	$64,8 \pm 9,6$
Ni	$1,9 \pm 0,6$

РЭМ-снимок изношенной кромки лезвия ножа без покрытия (рисунок 2а) подтверждают литературные данные о тепловом износе режущих поверхностей металла инструмента при их трении о древесину [2]. Наличие гальванического Fe-Ni- и ионно-плазменного ZrN-покрытия на лезвии ножа приводит к истиранию покрытия в процессе износа, хотя степень износа лезвия ножей с ZrN-покрытием (рисунок 2в) значительно меньше, чем в случае лезвия ножей с Fe-Ni- покрытием (рисунок 2б).

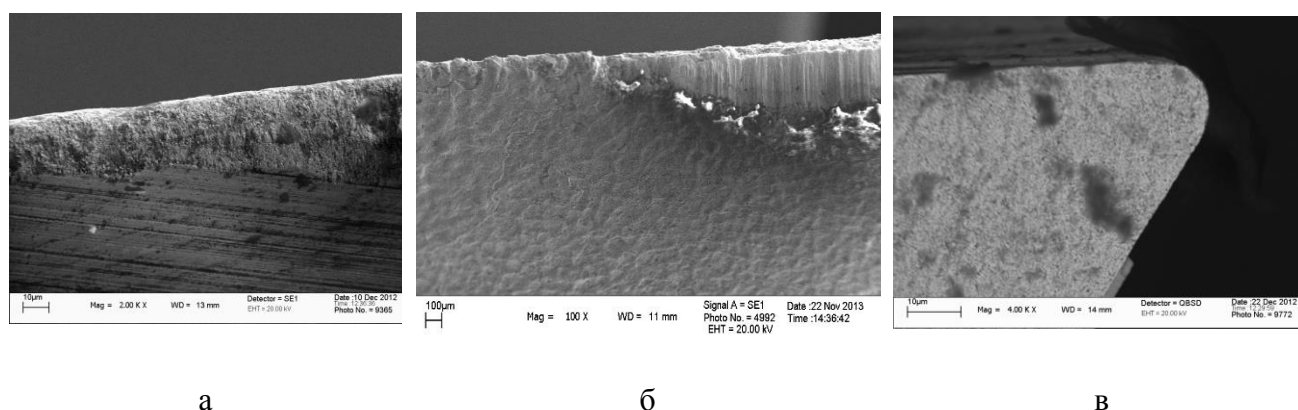


Рисунок 2 – РЭМ-снимок кромки лезвия ножа без покрытия (а), с Fe-Ni-покрытием (б) и износа лезвия с ZrN-покрытием (в) после резания ДСтП

Проведенные на ОАО «Минскдрев» (г. Минск) производственные испытания фрезерного инструмента с ZrN-покрытиями лезвий ножей показали увеличение его периода стойкости до 50% по сравнению с инструментом без покрытий.

Несмотря на то, что микротвердость гальванических покрытий сплавом Fe-Ni-Co больше, чем ZrN-покрытий, лезвия ножей, обработанные методом КИБ, являются значительно более износостойкими, чем при гальванической обработке. Полученный результат можно объяснить тем, что нитридные покрытия, подобные ZrN, обладают высокой термической и окислительной стойкостью [6], что позволяет до разрушения покрытия значительно уменьшать воздействие этих процессов на износ лезвия ножа.

Выводы

1 Наличие осажденных методом КИБ ионно-плазменных ZrN-покрытий на стальных двухлезвийных ножах хвостовых фрез обеспечивает при резании ламинированных ДСтП повышение периода стойкости режущего инструмента до 50% по сравнению с инструментом без покрытия.

2 Величина износа лезвия ножей с ZrN-покрытием значительно меньше, чем в случае лезвия ножей с Fe-Ni-покрытием. Наблюдается тепловой вид износа необработанного лезвия стальных ножей и абразивный – при гальванической или КИБ обработке.

3 Среднее значение микротвердости гальванического покрытия сплавом Fe-Ni-Co практически в 2 раза превышает величину микротвердости стальной подложки.

Библиографический список

1. Абразумов В.В., Котенко В.Д. Анализ явлений на контактных поверхностях режущего клина при резании плитных древесных композиционных материалов на минеральных вяжущих // Вестник Московского государственного университета леса. Лесной вестник. М., 2006. № 6 (48). С. 138–141.
2. Ульянов А.А. Оптимизация свойств поверхностных слоев инструментальных сталей для повышения износостойкости дереворежущих инструментов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.01. Брянск, 2001. – 151 с.
3. Эффективность применения TiN-, ZrN-, Ti-Zr-N- и Ti- покрытий на твердосплавных резцах при обработке ламинированных древесностружечных плит концевыми фрезами / А.А. Гришкевич [и др.] // Труды БГТУ. Сер. VI, Физ.-мат. науки и информатика. Минск, 2008. Вып. XVI. С. 52–54.
4. Функциональные покрытия на основе сплавов железа / С.С. Попова [и др.] // Гальванотехника и обработка поверхности. М., 2001. Т. 9, № 1. С. 34–39.
5. Investigations on non-stoichiometric zirconium nitrides / Н.М. Benia [at al] // Applied Surface Science. 2002., № 200. P. 231–238.
6. Особенности износа упрочненных методом КИБ лезвий ножей дереворежущего фрезерного инструмента при обработке ДСтП / А.А. Гришкевич [и др.] // Сборник материалов VII Междунар. науч.техн. конф. «Современные методы и технологии создания и обработки материалов» 19–21 сентября 2012г., Минск. Минск: ФТИ НАН Беларуси, 2012. Кн. 2. С. 297–303.